

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ**  
**ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ**  
**СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра мікроелектроніки

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 153 “Мікро- та наносистемна техніка”

на тему: Автономна метеостанція з GSM-модулем зв'язку

Виконав: студент 6 курсу, групи \_\_\_\_\_ ДП-91мп

Горянін Володимир Миколайович

(підпис)

Науковий керівник доц. каф. МЕ, доктор фіз.-мат. наук, проф. Поплавко Ю.М.

(підпис)

Консультант з нормоконтролю доц. каф МЕ, к.ф.-м.н., доц. Свечніков Г.С.

Консультант з інформаційних питань доц., к.т.н. Діденко Ю.В. \_\_\_\_\_

Рецензент

(підпис)

Засвідчую, що у цій  
магістерській дисертації немає  
запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

## РЕФЕРАТ

Горянін В.М. Автономна метеостанція з GSM-модулем зв'язку : магістерська дисертація магістранта електроніки: напрям «6.050801 Мікро- та наноелектроніка». /Горянін Володимир, група ДП-91мп, кафедра мікроелектроніки, НТУУ “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. Київ, 2019р. – 71с.

Магістерську дисертацію виконано на 71 сторінці, вони містять 8 розділів, 14 ілюстрацій, 26 таблиць та 8 джерел в переліку посилань.

Метою даної магістрської дисертації є розробка прототипу автономної метеостанції, яка містить в собі безпроводну технологію зв'язку та може функціонувати у віддалених від користувача місцях.

У роботі поставлені економічні, функціональні та технічні цілі для пристрою, який розробляється. В ході проектування був обгрунтований вибір найефективних технічних рішень. Також невід'ємною частиною при реалізації функціоналу було програмування мікроконтролера, яке детально описане в цій роботі. Завдяки цьому цілі були успішно досягнуті.

Попри досягнення поставлених цілей, в окремому розділі описані та обгрунтовані рішення, щодо вдосконалення метеостанції, на основі проведеного експерименту.

Goryanin V.M. Autonomous meteorological station with GSM-communication module: master's thesis of master's degree in electronics: direction "6.050801 Micro- and nanoelectronics". / Volodymyr Goryanin, DP-91mp group, Department of Microelectronics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, NTUU. Kyiv, 2020 – 71p.

The master's dissertation has been completed on 71 pages, it contains 8 sections, 14 illustrations, 26 tables and 8 sources in the list of links.

The purpose of this master's dissertation is to develop a prototype of an autonomous weather station, which includes wireless communication technology and can operate in remote from customer locations.

The thesis sets economic, functional and technical goals for the device under development. During the design the choice of the most effective technical solutions was substantiated. Also a necessary part of the implementation of the functionality was the programming of the microcontroller, which is described in detail in this thesis. Due to this, the goals were successfully achieved.

Despite the achievement of the set goals, a separate section describes and substantiates the decisions to improve the weather station, based on the experiment.

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І<br>ТЕРМІНІВ .....        | 5  |
| ВСТУП.....   | 6  |
| 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ .....                               | 7  |
| 2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗРОБКИ .....  | 9  |
| 3. СТРУКТУРНА СХЕМА .....  | 10 |
| 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ .....                                 | 15 |
| 4.1 Мікроконтролер. ....   | 15 |
| 4.2 Датчики фізичних величин. ....   | 17 |
| 4.3 GSM модуль. ....   | 19 |
| 4.4 Система живлення. ....   | 21 |
| 5. ЗБІРКА ТА ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ.....   | 26 |
| 6. ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА.....  | 34 |
| 6.1 String <b>sendATCommand</b> (String cmd, bool waiting).....                    | 39 |
| 6.2 String <b>waitResponse</b> ().....   | 41 |
| 6.3 String <b>Battery_stats</b> ().....  | 42 |
| 6.4 void <b>response_on_dial</b> ().....   | 43 |
| 6.5 void <b>wakeUp</b> ().....   | 47 |
| 6.6 void <b>EnterSleep</b> ().....   | 47 |
| 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВДОСКОНАЛЕННЯ<br>КОНСТРУКЦІЇ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ..... | 50 |
| 8. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....   | 53 |
| ВИСНОВКИ.....  | 70 |
| ПОСИЛАННЯ.....   | 71 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УФ – ультрафіолетовий.

SMS – short message service, сервіс коротких повідомлень.

GPRS – general packet radio service, загальний сервіс пакетної радіопередачі.

EDGE – Enhanced Data Rates for GSM Evolution, покращена швидкість передачі даних для покоління GSM.

GSM – фр. Groupe Spécial Mobile, міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку

SPI – Serial Peripheral Interface, фактичний послідовний синхронний повнодуплексний стандарт передачі даних, розроблений фірмою Motorola для забезпечення простого сполучення мікроконтролерів та периферії.

UART – universal asynchronous receiver/transmitter, тип асинхронного приймача-передавача, компонентів комп'ютерів та периферійних пристроїв, що передає дані між паралельною та послідовною формами

ККД – коефіцієнт корисної дії

DC – direct current, постійний струм

## ВСТУП

Важливість датчиків в наші часи дуже важко переоцінити. За їх допомогою отримуються великі об'єми інформації, яка є необхідною в тій чи іншій сфері. Не є виключенням датчики, які інформують про стан нижніх шарів атмосфери та опадів. Прилади, обладнані такими датчиками (та в деяких випадках індикаторами) та об'єднані в одну систему з автоматичною фіксацією даних з таких приладів, є автоматизовані метеостанції.

Існують також і класичні аналогові метеостанції. Останні, зазвичай, "на борту" мають термометр для вимірювання температури, барометр для вимірювання тиску, гігрометр для вимірювання вологості повітря, анемометр для вимірювання швидкості вітру, флюгер для вимірювання напрямку вітру, опадомір для вимірювання опадів. Основні офіційні метеостанції світу мають свій власний синоптичний індекс. В залежності від об'єму спостережень, які здійснюються станцією, їх поділяють на розряди. Деякі метеостанції ведуть агрометеорологічні спостереження, визначають інтенсивність сонячної радіації (прямої, розсіяної і сумарної), радіаційний баланс, величину випаровування ґрунтової вологи тощо. Основні дані синоптики отримують з наземних метеостанцій. В Україні їх 187. Кожна працює цілодобово 7 днів на тиждень. Майданчики для станцій знаходяться далеко від автомагістралей і висотних будинків. Така міра необхідна для отримання достовірної інформації про температуру повітря, атмосферний тиск, швидкість вітру.[1]

З розвитком мікро- та наноелектроніки великого застосування зазнають цифрові метеостанції, які можуть "дати фору" стандартним аналоговим, де необхідна участь спеціаліста, який буде працювати в ній. Цифрові метеостанції використовуються набагато частіше, так як вони є більш розповсюдженими та охоплюють більше території, що дозволяє точніше прогнозувати погоду, отримувати різноманітні дані навіть в самих віддалених куточках світу завдяки своїй мобільності та автономності. Саме такі метеорологічні системи на сьогодні користуються великим попитом, адже вони мають значно більше переваг аніж стандартні.

## 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ

Дана розробка може бути використана в різних цілях. Це досягається завдяки її автономності та відносної дешевизни. В залежності від компонування вона може бути застосована для спостереження різноманітних показників:

- Інформування водіїв про погодні обставини на автомобільних шляхах. Такого роду метеостанція, окрім загальних вимірів, вимірюють температуру поверхні дорожнього покриття та на глибині 30 сантиметрів під ним. Зазвичай обладнані таблом, яке в реальному часі інформує водіїв, та GPRS модулями для передачі даних в інформаційні центри.
- Збір кліматичних даних у лісах, попереджують про можливу пожежу. Зазвичай такі прилади працюють від акумуляторів та вимірюють вологість дерева та ґрунту, температуру на різних рівнях висотності лісів. Дані вимірів системи датчиків обробляються й моделюється карта пожежної активності, що запобігає можливій масштабній пожежі.
- Спостереження над станом погоди океанів, морів, річок, озер та боліт. Станції даного типу "слідкують" за метеорологічними та гідрологічними показниками, розташовуються на суші, на морських плаваючих станціях та річках, озерах і болотах.
- Інформування про стан метеорологічних та інших показників вдома. Домашні метеостанції вимірюють менше показників, але їх перевагами являються великий вибір на ринку, різноманітність вбудованих датчиків, можливість з дому власноруч вести спостереження про стан тих чи інших показників, компактність та доступність.

Станом на 2019 рік, нараховуються сотні моделей цифрових домашніх метеостанцій на різний смак, з різноманітним набором функцій та вартістю від десяти до сотні доларів США. Доприкладу, в Європі найбільш технологічні

метеостанції, окрім стандартних показників, вимірюють швидкість та напрям вітру, кількість опадів, рівень УФ-випромінювання, а також дозволяють розподіляти отримані дані серед інших користувачів шляхом передачі по мережі Інтернет або радіозв'язком.[2]

Також, додатково обладнавши метеостанцію спеціальним датчиком забрудненості повітря, можна з легкістю спостерігати за вмістом та кількістю шкідливих і небезпечних газів в повітрі таких як:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , пари алкоголю, бензину, диму,  $\text{CO}_2$  тощо. Це значно розширює об'єм корисної інформації не тільки для рядового користувача, але й для цілих населених пунктів.

Можливе застосування й для аграрної промисловості. Така важлива галузь потребує відповідного рівня контролю показників температури, вологості повітря й ґрунту, освітленості поверхні протягом певного періоду часу, УФ-випромінювання.

Основною ціллю метеорологічних спостережень й самої метеорології являється виявлення та картування різноманітних атмосферних явищ, а згодом складання прогнозу майбутньої погоди опираючись на дані попередніх кліматичних подій.

Підсумовуючи вище описану інформацію, можна зробити висновок, що розробка має великий потенціал та універсальність, знаходить застосування в різних галузях, значною перевагою є доступність, можливість переобладнання під різні потреби.



## 2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗРОБКИ

В даному розділі будуть розглянуті технічні характеристики метеостанції, тобто її специфікація. Інформація про потенціальні вдосконалення буде взята в дужки.

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Вимірювані фізичні величини           | Атмосферний тиск, температура повітря, відносна вологість повітря, (концентрація аміаку, оксидів азоту, парів алкоголю, бензину, диму та CO <sub>2</sub> ), (швидкість та напрям вітру), (кількість опадів), (освітленість видимого спектру та УФ променів), (вологість та температура ґрунту) <i>кожна пара дужок відповідає окремому датчику</i> |
| Діапазон вимірювання фізичних величин | 300гПа – 1100гПа, -40°C – 85 °C, 0% – 100%, (10ppm – 300ppm, ... , 10ppm – 300ppm, 10ppm – 1000ppm, ... , ...), (0м/с – 45м/с, 0°-359°), ( ... ), (0.045лк – 188000лк , 330мВт/см <sup>2</sup> ), (0% – 100%, -40°C – 85 °C)   |
| Точність вимірювання фізичних величин | ±1.7гПа, ±1.5°C, ±3%, (±5ppm, ±5ppm, ±5ppm, ±5ppm, ±5ppm, ±5ppm), (±1м/с, ±1° ), (±1мм), (0.005лк, ±9 мВт/см <sup>2</sup> ), (±1.5°C, ±3%)   |
| Живлення                              | Акумулятор   |
| Виведення інформації                  | SMS-повідомлення, (відправка даних на сервер при наявності покриття EDGE або GPRS)   |
| Тип                                   | Зовнішня метеостанція  |
| Розміри                               | Довжина ≈ 160мм, ширина ≈ 160мм, товщина ≈ 50мм  |
| Тип датчиків                          | Цифрові, окрім датчика концентрації шкідливих речовин.   |
| Автономність                          | Залежить від частоти відправки даних, потужності сонячної батареї, ємності акумуляторної батареї, широти місцевості застосування.  |

Таблиця 1. Технічні характеристики метеостанції

### 3. СТРУКТУРНА СХЕМА

Для того, щоб створити пристрій, в якому буде передбачена можливість вимірювання погодних параметрів, необхідне застосування електронних датчиків – пристроїв для вимірювання певних фізичних величин та перетворення їх величини в електронний сигнал (аналоговий або цифровий).

Також для того, щоб забезпечити можливість передачі даних безпроводними технологіями, потрібен спеціальний пристрій, який буде виконувати цю задачу. Існує декілька варіантів реалізації такої можливості:

- Bluetooth технологія
- Wi-Fi технологія
- Радіозв'язок
- Мобільний зв'язок

Виходячи з того, що обсяг даних, який буде передаватись, незначний, швидкість передачі не є пріоритетним параметром при виборі способу передачі даних. Тому слід звернути увагу на дальність зв'язку та енергозатратність, а також на складність реалізації такої можливості.

Оглянувши можливості вищеперерахованих технологій, можна скласти порівняльну таблицю.

|                       | Bluetooth            | Wi-Fi                 | Радіозв'язок         | GSM                 |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Дальність зв'язку     | До 1500м             | До 150м               | До 1000м             | необмежена          |
| Енергоспоживання      | Дуже низьке          | низьке                | Дуже низьке          | низьке              |
| Складність реалізації | Середня, ціна висока | Середня, ціна середня | Середня, ціна низька | низька, ціна низька |

Таблиця 3.1 - Порівняльна таблиця основних параметрів безпроводних технологій

Перші три технології потребують наявності прийомника та передатчика для функціонування комунікації. Технології мобільного зв'язку мають перевагу над іншими технологіями, так як немає необхідності в двох пристроях для організації комунікації, потрібен лише один модуль, який під'єднується до мережі. Мережа в даному випадку організовується за допомогою багаточислених базових станцій, які встановлені практично по всій території нашої країни. Тому для забезпечення можливості передачі даних, вимірюваних датчиками, буде обрано мобільну технологію зв'язку.

Для обробки інформації з датчиків, для керування ними та пристроєм, який буде відповідати за безпроводну передачу даних, та для додаткових користувацьких функцій потрібно електронно-обчислювальну систему. Для таких неважких задач ідеально підходить мікроконтролер.

Найпростіша структурна схема, яка дозволяє реалізувати функціонал пристрою, який конструюється, повинна містити в собі наступні вузли та компоненти:

- Блок живлення
- Датчики
- Мікроконтролер
- GSM-модуль

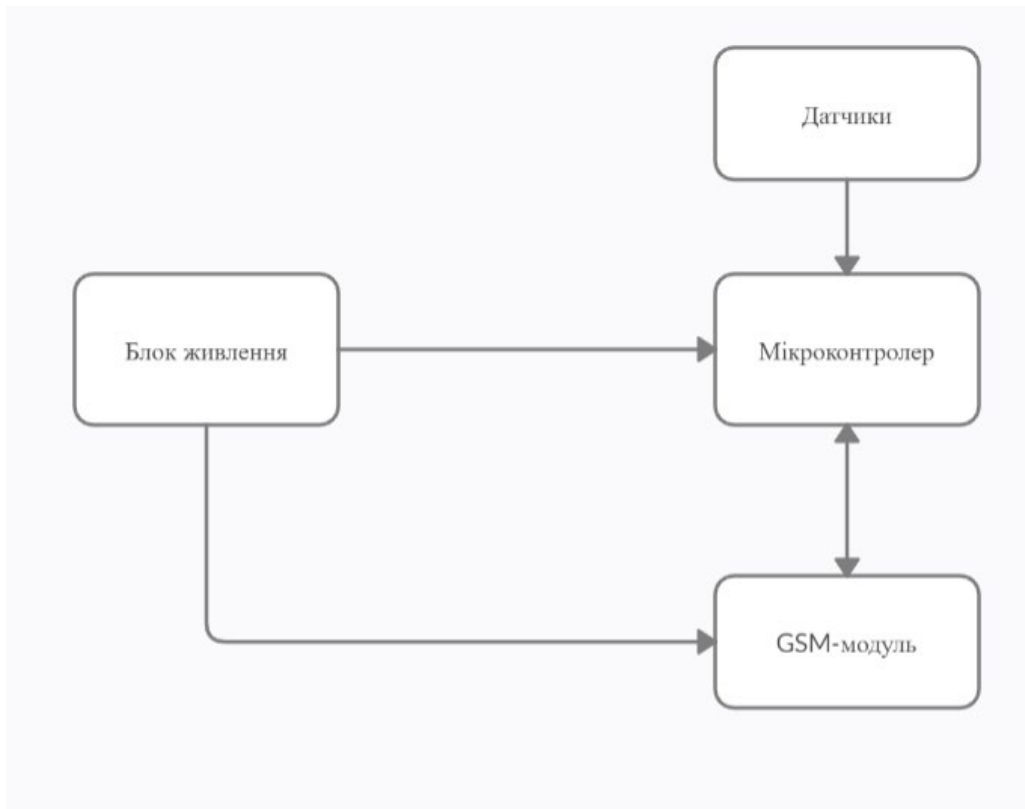


Рисунок 3.1 - Початковий варіант структурної схеми

Зважаючи на те, що пристрій конструється з урахуванням автономності, передбачається впровадження сонячної батареї в якості відновлюваного джерела енергії. Розглянувши залежність ВАХ сонячного елемента від освітленості, очевидно, що впродовж доби його потужність буде змінюватись.

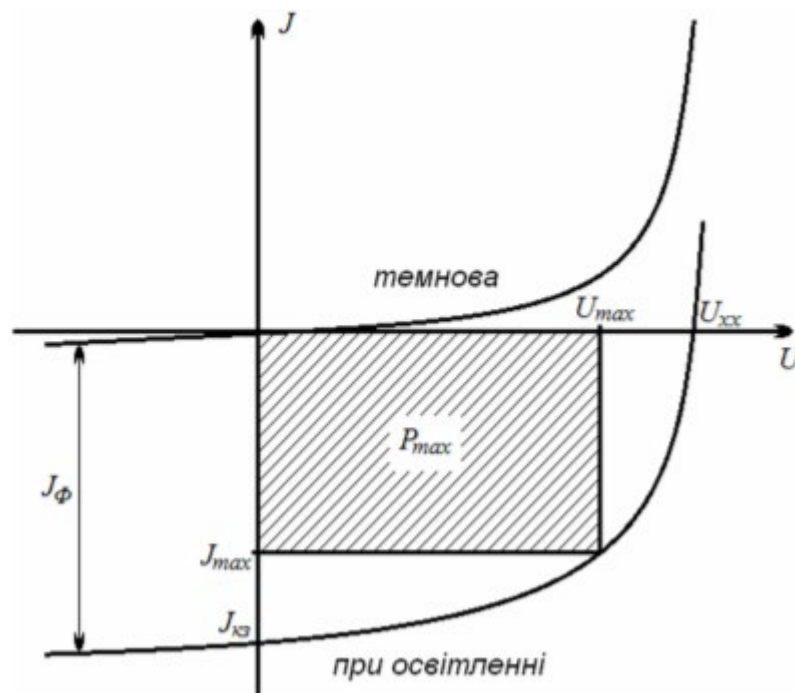


Рисунок 3.2 - Залежність ВАХ сонячного елемента від освітленості

Для того, щоб пристрій функціонував бесперебійно, постає необхідність застосування акумуляторної батареї. На сьогодні існує велика кількість акумуляторних батарей. В основному всі вони відрізняються хімічним складом. Параметри акумуляторів напряму залежать від їхнього хімічного складу. Але незалежно від того, який тип акумулятора буде застосовуватись, обов'язковою умовою його впровадження є спеціальна плата для заряду.

Враховуючи той факт, що напруга на виводах сонячної батареї буде змінюватись впродовж часу, а плата заряду акумулятора потребує стабільної напруги, необхідно застосувати перетворювач напруги. Під'єднавши виводи сонячної батареї до входу такого перетворювача, постійна напруга буде забезпечена.

Підсумовуючи всі вищеописані умови та необхідності, потрібно внести зміни до структурної схеми, застосувавши при цьому акумуляторну батарею, сонячну батарею, перетворювач напруги та плату заряду для акумуляторів.

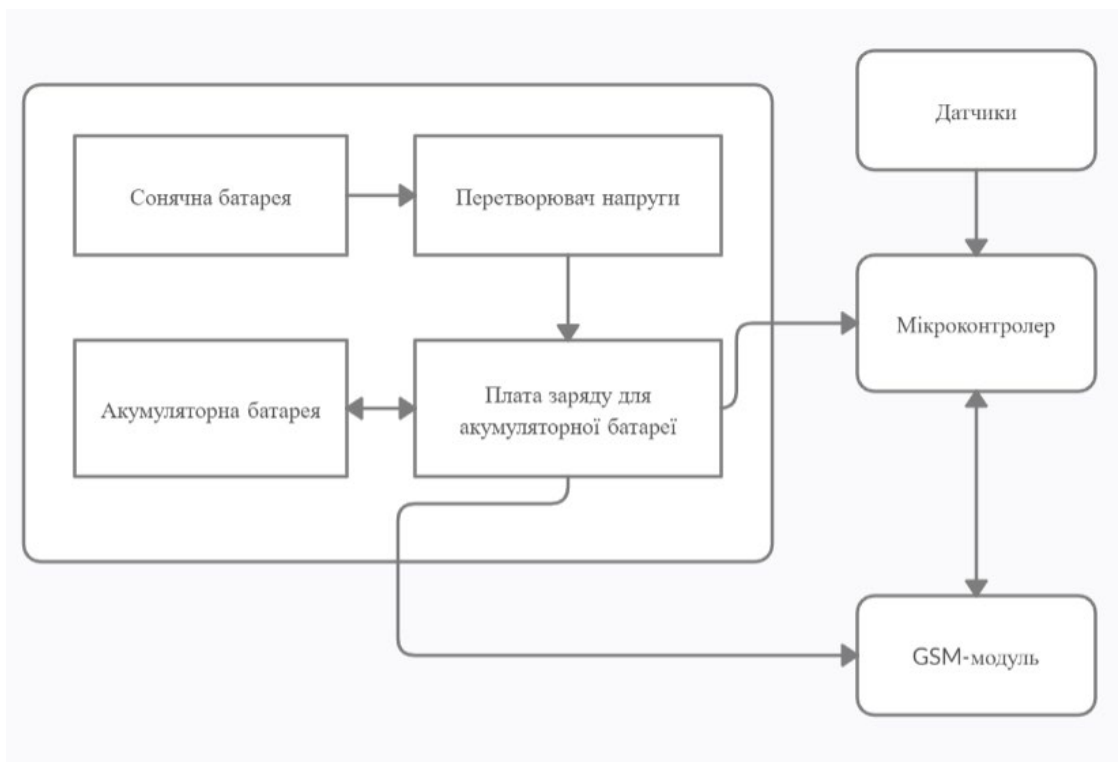


Рисунок 3.3 - Варіант структурної схеми з моделлю блоку живлення

Висновок. Даний розділ описує компоненти структурної схеми. Аналізуючи специфіку цілей, були прийняті певні ефективні рішення, а саме розроблена теоретична база для блоку живлення.

## 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

Дана розробка містить в собі такі структурні елементи:

- мікроконтролер
- датчики фізичних величин
- GSM модуль
- система живлення

### 4.1 Мікроконтролер.

Вибираючи мікроконтролер, я виділив декілька умов, які він повинен задовольняти: невеликий розмір, мінімальне енергоспоживання та мінімальна ціна. Для пришвидшення та зручності процесу розробки пристрою, рекомендується використовувати плату розробки, а не "голий" мікроконтролер. Плата розробки – це плата, на якій розпаяний мікроконтролер та необхідна периферія для комунікації та живлення. Вибираючи серед доступних плат розробки на ринку, які задовольняють такі умови, можна виділити Arduino ProMini. Raspberry Pi не розглядається, адже найдешевша версія плати коштує 20\$, так як і всі інші аналоги: Raspberry Pi Zero, Particle Photon, Teensy, BeagleBone, MSP430, STM32. Але існує ще один конкурент Arduino – це плата розробки NodeMCU на мікроконтролері ESP8266, яка має схожі характеристики. Нижче приведена порівняльна таблиця.

|                | NodeMCU | Arduino ProMini[3] |
|----------------|---------|--------------------|
| Мікроконтролер | ESP8266 | ATmega328          |
| Робоча напруга | 3.3 V   | 5 V                |

|   |          |          |
|---|----------|----------|
| Вхідна напруга                                  | 3.7-20 V | 5-9 V    |
| Вхідна напруга (максимальний діапазон)          | 3.7-20 V | 1.8-12 V |
| Цифрові (I/O) піни                              | 10       | 14       |
| Аналогові (I/O) піни                            | 1        | 6 - 8    |
| Флеш-пам'ять                                    | 1 MB     | 32 KB    |
| SRAM  | ~50 KB   | 2 KB     |
| EEPROM  | -        | 1 KB     |
| Стандартна тактова частота                      | 80 MHz   | 8-16 MHz |
| Мінімальне споживання плати в режимі очікування | >15 мА   | 6 мА     |
| Мінімальне споживання плати в режимі сну        | >20 мкА  | <1мкА    |
| Ціна  | 4\$      | 4\$      |

Таблиця 2. Порівняння плат розробки

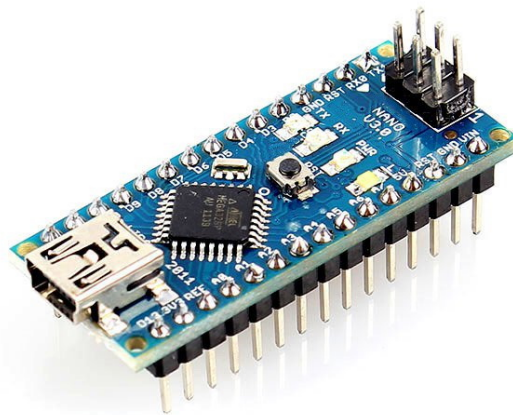
Опираючись на умови, визначені мною, та на дану таблицю можна виділити основні недоліки NodeMCU: неможливість підключення аналогових датчиків, що різко зменшує обсяг галузей застосування; велика тактова частота та неможливість керування нею, звідси й більше енергоспоживання в різних робочих режимах, а також необхідність застосування перетворювача напруги.

В продажі є в наявності оригінальні та неоригінальні Arduino. Різниця між ними полягає в першу чергу в ціні: 14\$ та 4\$. Також неоригінальні плати



комплектуються неякісними або аналогічними по якості електронними компонентами, що дозволяє значно здешевити вартість.

Тому раціональним вибором являється саме Arduino ProMini неоригінального виробництва. Але в якості плати розробки для прототипу пристрою була вибрана плата Arduino Nano. Вона має аналогічний мікроконтролер і відрізняється лише збільшеним енергоспоживанням (на 10-20%) та більшими розмірами. Так як обидві плати мають розміри коробки від сірників, на компактність це ніяк не вплине. Також, якщо вжити додаткових заходів по зменшенню енергоспоживання, то цей показник зрівняється.



Фотографія 4.1 - Мікроконтролер Arduino Nano

#### 4.2 Датчики фізичних величин.

Існує велика кількість датчиків температури, тиску та відносної вологості повітря. Але добре дослідивши ринок електронних датчиків, було обрано модуль датчика виробництва компанії BOSCH BME280. Розглянемо характеристики[4] даного модуля:

Максимальна швидкодія інтерфейсу: I2C до 3.4МГц

Межі вимірювання температури: від -40 до 85 градусів

Точність вимірювання температури: від 0.5 до 1 градуса

Межі вимірювання вологості: від 0 до 100%

Точність вимірювання вологості: 3%

Межі вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа

Точність вимірювання тиску: 1.0 гПа

Напруга живлення: від 1.8 до 3.3 В

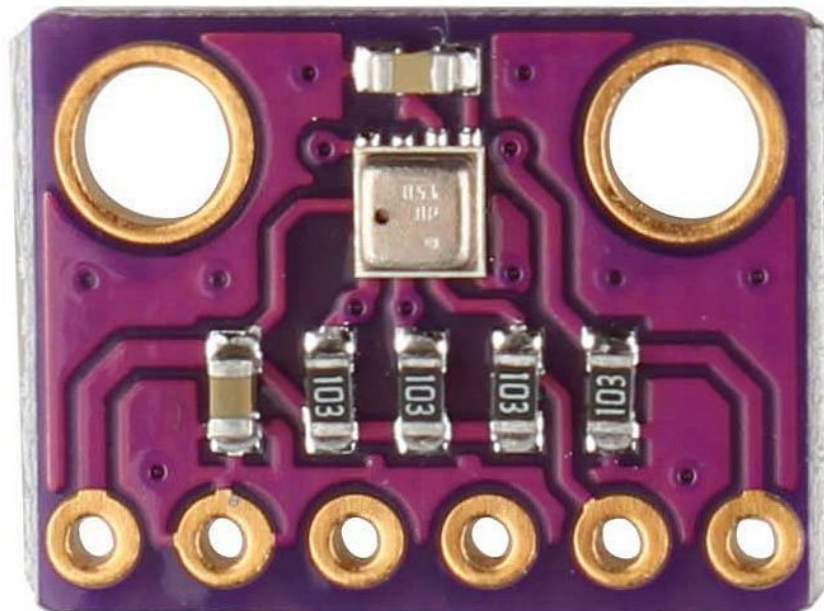
Струм в режимі вимірювання тиску: 714 мкА

Струм в режимі вимірювання вологості: 340 мкА

Струм споживання в режимі вимірювання температури: 350 мкА

Струм в режимі сну: від 0.1 мкА до 0.5 мкА

Розміри модуля: 15 x 12 x 3 мм



Фотографія 4.2 - Модуль BME280

Ключовими перевагами даного модуля є можливість вимірювання всіх трьох величин (температури, тиску та відносної вологості повітря) в одному корпусі, мініатюрні розміри 15 x 12 x 3 мм, та низька вартість, порівняно зі своїми конкурентами. Споживання струму, вказане в даній характеристиці, зазначене при максимальній точності та частоті вимірювання. При частоті 1Гц та мінімальній точності вимірювання споживання струму буде складати приблизно до 10мкА. Даний модуль може підключатись двома способами: I2C

або SPI. Різниця між ними в швидкодії (I2C дещо повільніше) та в кількості дротів для підключення (I2C – 4, SPI – 6). Вартість такого датчика – 4\$.

Також не менш важливою перевагою даного модуля являється лише одна бібліотека, яка містить в собі набір функцій для керування тими чи іншими функціями. Завдяки цьому заощаджується пам'ять мікроконтролера.

#### 4.3 GSM модуль.

Для передачі даних, які були отримані за допомогою датчиків, а після збережені в пам'яті мікроконтролера, на великі відстані можлива лише за допомогою бездротових технологій. Враховуючи те, що метеостанція розробляється з можливістю для використання в віддалених від населених пунктів місцях, вирішено використати технології зв'язку покоління 2G.

2G – друге покоління телефонного зв'язку, яке експлуатується по стандарту GSM(глобальна система мобільного зв'язку). Виходячи з того, що нам потрібно передавати дані в текстовому форматі, виділимо основні способи передачі текстової інформації: відправка коротких текстових даних SMS(скор. від англ. *Short Message Service* – "служба коротких повідомлень"), відправка даних через мережу Інтернет за допомогою GPRS(скор. від англ. *General Packet Radio Service* - «пакетна радіозв'язок загального користування»). Очевидно, що при належній якості покриття GPRS дозволяє ефективно та дешево передавати дані. Згідно з інформацією, яку надають оператори мобільного зв'язку, покриття з підтримкою технології GPRS становить >60% всієї території України у оператора "Vodafone"[5], 99% населених пунктів у оператора "Київстар"[6] та близько 95% всієї території України у оператора "Lifecell".

Основною аргументацією такого вибору є той факт, що покриття електромагнітними хвилями даної технології є майже на всій(>90%) території України, на відміну від зв'язку покоління 3G та 4G.

Для передачі даних за допомогою SMS портібен GSM модуль, який підтримує дану функцію. З одної сторони передача даних таким способом

збільшує фінансові затрати, адже на даний момент у вищеперерахованих операторів найдешевші тарифні плани не включають в себе місячний пакет SMS-повідомлень. А з іншої сторони – передача даних таким методом забезпечує більшу надійність, можливість встановлення метеостанції у віддалених від населених пунктів локаціях, адже технологія GPRS доступна в населених пунктах та вздовж доріг, тобто не покриває велику частину території. Далі приведена таблиця, яка дозволяє зрівняти найвигідніші тарифні плани різних операторів та оцінити вартість користування різними сервісами:

| Оператор | SMS | INTERNET        | Щомісячна плата | Грн/SMS |
|----------|-----|-----------------|-----------------|---------|
| Lifecell | 840 | 15Гб(2G безлім) | 60              | 0.07    |
| Київстар | 180 | 18гб            | 225             | 1.25    |
| Vodafone | 100 | 0.5Гб           | 50              | 0.5     |

Таблиця 4.3 - Порівняння тарифних планів мобільних операторів

Аналізуючи дані, очевидно, що оператор "Lifecell" пропонує найвигідніший тариф: 0.07грн/SMS. Обсяг інтернет-трафіку, який вказаний в кожному тарифному плані, повністю покриває потреби метеостанції, і дозволяє надсилати дані за допомогою GPRS так часто, як дозволяє система живлення.

Для даних цілей підійде GSM-модуль SIM800L виробництва компанії SIMCOM. Нижче приведені основні характеристики модуля:

Напруга живлення: від 3.4В до 4.4В

Рекомендована напруга живлення: 4В

Струм в режимі очікування: 0.7 мА

Максимальний струм: 500 мА

Максимальний піковий струм: 2А

Максимальна напруга високого рівня інтерфейсу UART: 2.8 В

Робочі діапазони EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900

Режим мережі: 2G

Інтерфейс підключення: UART

Відправлення та отримання GPRS даних (TCP / IP, HTTP, і т.д.)

Макс швидкість передачі GPRS даних: 85.6 Кбод

Підтримує сімкарти з живленням 3В і 1.8 В

Робоча температура: - 30 до 75 градусів

Розміри: 25 x 25 мм[7].

Вартість даного модуля складає 5\$. Також для покращення зв'язку між модулем та базовою станцією рекомендовано додатково придбати антену, вартість якої - 5\$.

Даний модуль є найдешевшим серед своїх конкурентів та має дуже багатий функціонал, який ідеально підходить для даного проекту.



Фотографія 4.3 - GSM-модуль SIM800L

#### 4.4 Система живлення.

Щоб забезпечити автономність метеостанції, необхідне джерело відновлюваної енергії. Таким джерелом може бути променева енергія Сонця, вітер, гідроенергія або їх поєднання. Гідроенергія як джерело живлення не підходить з причини обмеження можливих локацій для встановлення метеостанції. Вітрова енергія потребує ручного виготовлення вітрогенератора,

що, по-перше, збільшує собівартість метеостанції, по-друге збільшує її габарити, по-третє, по аналогії до гідроенергії, обмежує можливі місця для монтажу. Сонячна енергія єдина, яка не має обмежень по місцю встановлення, але має один недолік: нестабільність генерації електроенергії. Це обумовлено зміною інтенсивності опромінення та меншою мірою температури повітря.

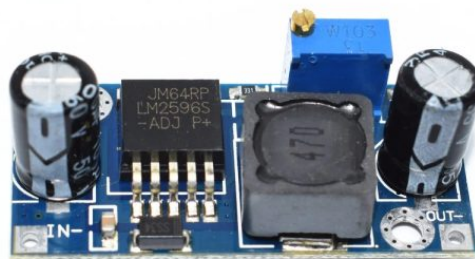
Автономність буде в основному залежати від частоти проведення вимірів, адже найбільше споживання відбувається при активній роботі GSM-модуля. Також потрібно визначити енергоспоживання всієї активної електроніки, яка використовується в конструкції метеостанції або врахувати ККД кожного компоненту. Система живлення починається з сонячної панелі, яка підключена через понижуючий DC-DC перетворювач напруги LM2596 (фотографія 5), на вхід зарядного пристрою акумулятора TP4056 (фотографія 6). На вихід зарядної плати паралельно підключаються : GSM-модуль, мікроконтролер Arduino, конденсатор 1000мкф 16В. Конденсатор потрібен для забезпечення короткочасного споживання GSM-модулем струму 2А. Модуль датчиків вологості, температури та тиску підключається на входи 3.3V та GND.

В якості джерела живлення обраний акумулятор Li-ion 18650 з ємністю в 3200мАг. Вартість – 5\$.

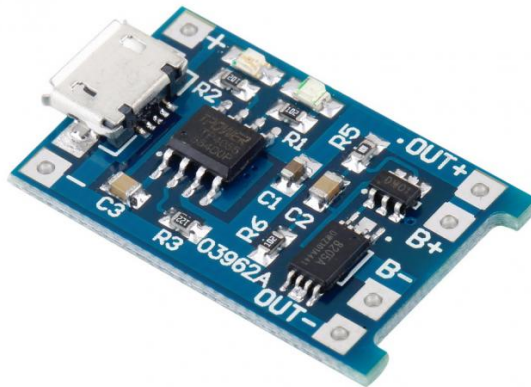
Але, незважаючи на це, ємність акумулятора та потужність сонячної батареї можна в будь-який момент збільшити: з'єднати послідовно ще один такий самий сонячний елемент і точно такі самі дії виконати з акумулятором.



Фотографія 4.4.1 - Полікристалічний сонячний елемент



Фотографія 4.4.2 - DC-DC перетворювач



Фотографія 4.4.3 - Пристрій для заряду Li-ion акумуляторів TP4056

Характеристики сончного елементу:

Максимальна робоча напруга – 12В.

Потужність – 5Вт.

Розміри - 165 x 210 x 3 мм.

Вартість – 5\$.

Характеристики DC-DC понижаючого перетворювача напруги на LM2596:

Вхідна напруга – 4.5В – 40В.

Вихідна напруга – 3.5В – 35В.

ККД при вхідній напрузі 12В, вихідній 5В – 80%.

Характеристики зарядного пристрою для акумуляторів на TP4056:

Вхідна напруга: 4.5 - 5.5В.

Кінцева напруга заряду: 4.2В.

Напруга захисту розряду: 2.4В.

Струм зарядки: до 1А.

Вартість сонячного елемента – 5\$, LM2596 – 1\$, TP4056 – 0.6\$,  
конденсатор 1000мкФ 16В – 0.4\$.

Підсумовуючи загальну вартість проекту отримаємо: 37.



Висновок. В даному розділі описане обґрунтування вибору того чи іншого компоненту. Поставлені економічні та технічні цілі, які й були досягнуті в даному розділі. Детально обґрунтовано, чому буде використовуватись саме GSM технологія. Загалом даний розділ показує, що проект має великий потенціал, адже може бути застосований в багатьох сферах та бути відносно дешевим.

## 5. ЗБІРКА ТА ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ

При наявності усіх необхідних компонентів, описаних в попередньому розділі, можна приступати до збірки пристрою.

### 5.1 Збірка блоку живлення.

Мінусовий контакт сонячної батареї приєднується до мінусового контакту входу перетворювача напруги LM2956, плюсовий до плюсового. Вони підписані як "IN-" та "IN+". Далі вихід перетворювача напруги потрібно з'єднати з входом плати заряду – "OUT–" із "–" та "OUT+" із "+". Акумулятор під'єднується до контакту "B–" мінусовим контактом та "B+" плюсовим відповідно. До виходів плати заряду "OUT–" та "OUT+" під'єднується навантаження. На цьому збірку блоку живлення можна рахувати завершеною.

### 5.2 З'єднання блоку живлення з платою розробки Arduino.

Для початку потрібно проаналізувати існуючі методи живлення плати. Існує три методи живлення Arduino:

1. За допомогою USB порту
2. Використовуючи вхід на мікроконтролер "5V"
3. Стабілізований вхід "Vin"

При живленні від USB порту, головним недоліком являється те, що при напрузі живлення менше 5В, мікроконтролер перестає працювати.

При живленні в пін "Vin" та "GND" – більш універсальний метод живлення. Живлення мікроконтролера відбувається через стабілізатор напруги AMS1117-5.0. Це лінійний стабілізатор, який дозволяє житись від напруги 5-

20В. Використовувати такий метод живлення можливо тільки тоді коли: вхідна напруга 7В, а струм споживання Arduino та інших підключених до неї пристроїв не більше 2А або вхідна напруга 12В, а струм споживання збірки не більше 500мА

Живлення в пін "5V" та "GND" – найкращий варіант живлення плати та цілого пристрою загалом, але потрібно бути вкрай обережним, адже пін йде напругу до мікроконтролера, й на нього діють деякі обмеження:

- Максимальна напруга живлення згідно технічної документації мікроконтролера – 5.5V. Більше напруга виводить мікроконтролер з ладу;
- Мінімальна напруга залежить від частоти, на якій працює мікроконтролер. Згідно технічної документації:

| Тактова частота | Діапазон напруги живлення |
|-----------------|---------------------------|
| 0 – 4 MHz       | 1.8 – 5.5V                |
| 0 – 10 MHz      | 2.7 – 5.5V                |
| 0 – 20MHz       | 4.5 – 5.5V                |

Так, як більшість плат Arduino мають джерело тактування на 16MHz, то стабільність роботи забезпечена від напруги живлення 4В з заводу. Враховуючи той фактор, що плата заряду містить в собі захист від перерозряду акумулятора, який заключається в тому, що навантаження вимикається якщо напруга на акумуляторі менше 2.5В, потрібно змінити мінімальну напругу живлення Arduino. Це можливо зробити завдяки встановленню величини переддільника тактової частоти в прошивці, прописавши потрібні для цього функції. Тому, якщо змінити частоту з 16MHz на 8MHz, то плата Arduino стабільно працюватиме від напруги 2.5В.

Для живлення плати Arduino потрібно під'єднати вихід плати заряду акумулятора "OUT–" до піну "GND" Arduino, а вихід "OUT+" до піну "5V" відповідно.

### 5.3 З'єднання модуля SIM800L.

Для початку розглянемо розпіновку модуля:

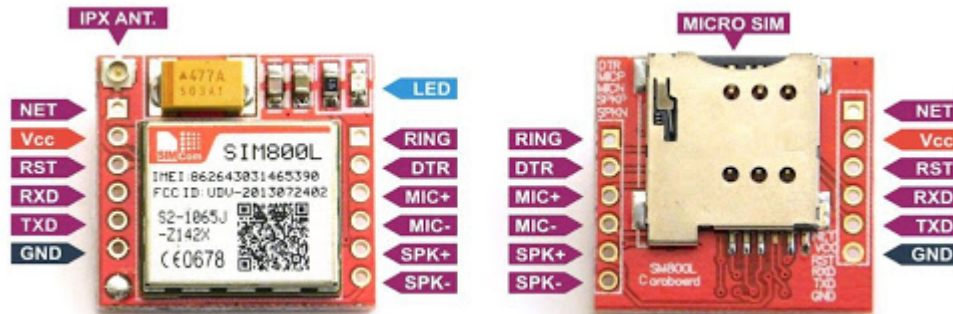


Рисунок 5.3 - Модуль SIM800L із підписаними пінами

Для початку реалізуємо живлення модуля. Для цього потрібно подати певну напругу на пін "Vcc", а пін "GND" з'єднати з піном "GND" Arduino. На рисунку, приведеному нижче, зображений діапазон робочої напруги модуля:

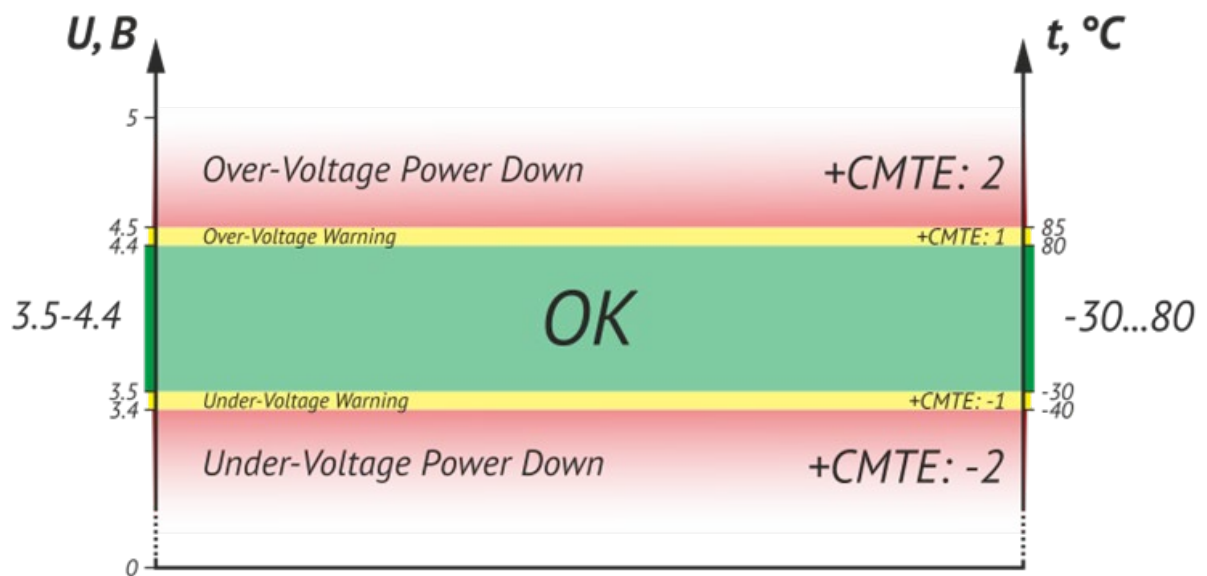


Рисунок 5.4 - Діапазон робочої напруги модуля SIM800L

Згідно рисунку, на робоча напруга повинна бути в межах 3.5 – 4.4В, а температура – від -40°C до 80°C. При виході за ці межі, модуль сповіщає

повідомленням та вимикається. Також в даташиті вказано, що максимальний рівень логічної одиниці на вході "RX" – 3.1В, мінімальний – 2.1В. Оскільки на платі не передбачено елементів, які б могли конвертувати вхідну напругу, виробником пропонується використовувати банальний рівноплечий дільник напруги. Для того, щоб реалізувати логічну одиницю номіналом 2.5В, потрібно взяти два резистора однакового номіналу в діапазоні 1 – 10кОм.

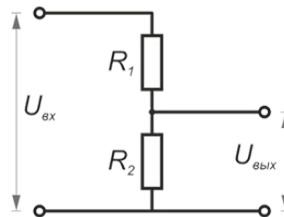


Рисунок 5.6 - Рівноплечий дільник напруги

До пін "NET" потрібно приєднати антену, яка йде в комплекті з модулем, або ж для покращення виявлення мережі приєднати антену з кабелем IPX в пін "IPX ANT", який знаходиться над "NET".

Виробником також передбачена можливість керування енергозберігаючим режимом за допомогою пін "DTR". Використання такої можливості значно підвищить автономність всієї метеостанції. Для цього потрібно підключити пін "DTR" до Arduino. Нехай пін, який буде відповідати за енергозберігаючий режим модуля SIM800l буде "D3". Тому з'єднаємо ці піни між собою.

В платі Arduino є можливість реалізувати переривання. Так само, як і модуль SIM800l, Arduino може переходити в енергозберігаючий режим або режим "сну", вийти з якого вона може по перериванню. В якості активатора цього переривання можна використати пін SIM800l "RING", на якому при вхідному дзвінку або вхідному SMS-повідомленню з'являється логічна

одиниця. Тому для реалізації енергозберігаючого режиму плати Arduino потрібно приєднати пін "RING" до піну "D2" на платі Arduino.

Таким чином є можливість реалізувати режим "сну" всієї метеостанції. Опишемо послідовність подій, які забезпечують цю можливість:

1. Після відправки інформації користувачу, котрий здійснив вхідний дзвінок на метеостанцію, Arduino встановлює на піні "DTR" логічну одиницю, що вводить в енергозберігаючий режим SIM800L.
2. Встановлюється умова, що при логічній одиниці на піні SIM800L "RING", тобто при вхідному дзвінку, Arduino виходить з режиму сна та виводить з нього модуль SIM800L.
3. Далі в енергозберігаючий режим вводиться сама плата Arduino.
4. При вхідному дзвінку метеостанція прокидається і виконує свої функції.
5. Цикл повторюється.

#### 5.4 З'єднання датчика BME280.

Даний датчик ємнісного типу, що в будь-якому випадку робить його більш точним, чим резистивні датчики типу DHT11. Він дещо дорожчий, але має ряд переваг. По-перше, в ньому міститься 3 датчика: вологості, температури та атмосферного тиску. Модуль працює як через I2C так і через SPI інтерфейс. На платі немає стабілізатора на 3.3В, тому це накладає певні обмеження на напругу живлення. Більше 3.6В на датчик подавати не рекомендується. По-друге, модуль розрахований на використання в різноманітних мобільних пристроях та проектах. Він займає дуже мало місця і споживає дуже мало енергії. Тому живлення модуля потребує напруги всього лиш в 1.7 – 3.6В, що відрізняє його від більшості датчиків які живляться від 5В.

Підключатись даний датчик буде за допомогою інтерфейсу I2C на користь меншої кількості контактів, необхідних для організації зв'язку з Arduino. Виводи шини, підписані як "SDA" та "SCL" підключаються до пінів Arduino,

нехай це будуть піни "A4" та "A5". Виводи "Vin" та "GND" підключаються до пінів Arduino "3.3V" та "GND" відповідно.

Загальна схема підключення метеостанції виглядає наступним чином та зображена на рисунку нижче.

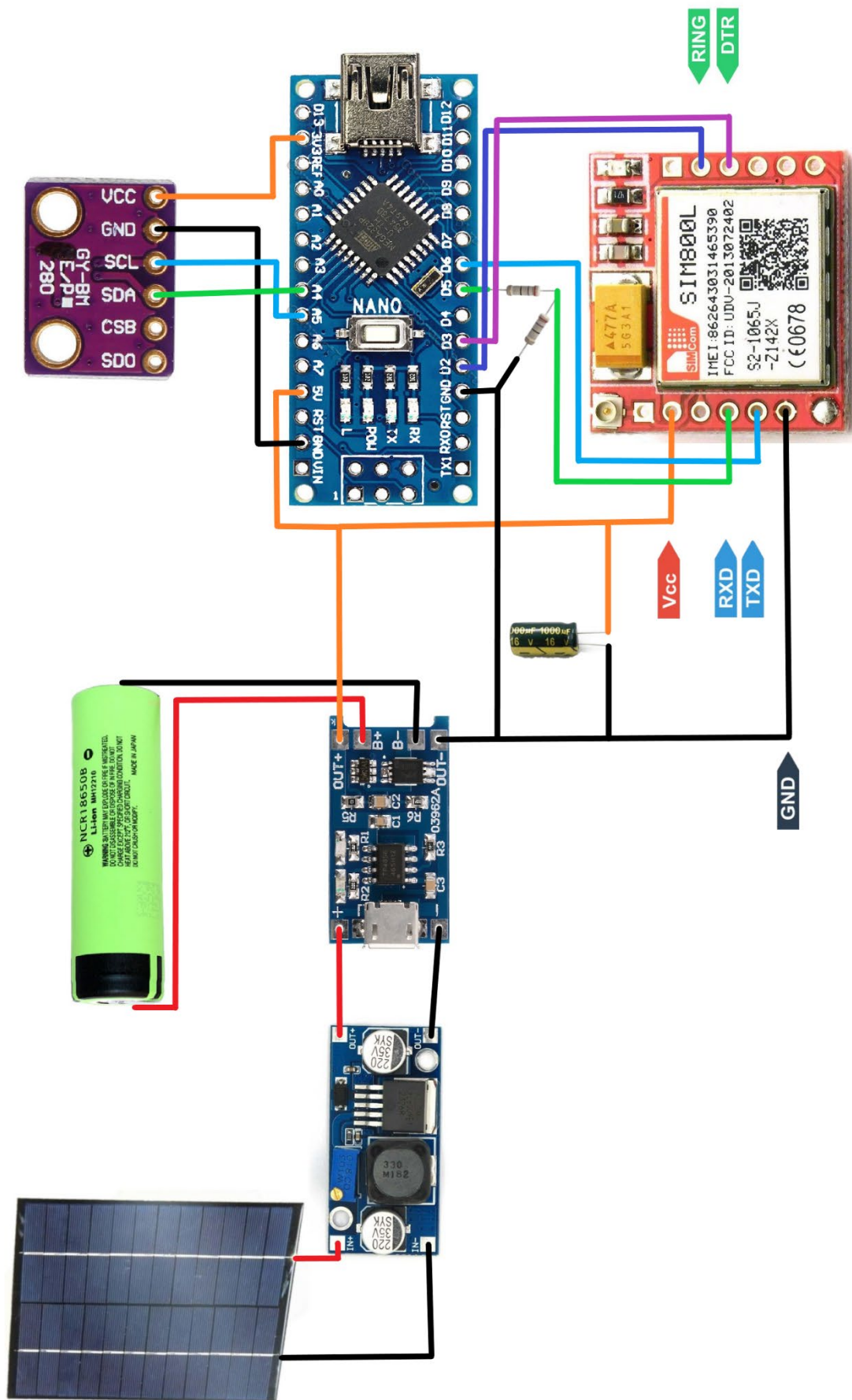


Рисунок 5.7 - Загальна схема підключення метеостанції



Висновок. В даному розділі був описаний принцип функціонування апаратної частини проекту. Детально описана збірка блоку живлення, підключення датчика та GSM-модуля до Arduino. Описані всі нюанси збірки та обґрунтовані всі застосовані рішення. Для наглядності подана схема, на якій чітко зображено, як повинен виглядати пристрій після збірки.

## 6. ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Для написання, налагодження та завантаження прошивок необхідно завантажити та інсталиувати Arduino IDE. Це доступне та безкоштовне програмне забезпечення, яке можна завантажити на офіційному сайті або за посиланням: <https://www.arduino.cc/en/software>.

Традиційно для програмування Arduino використовують мову програмування C або C++. Але на даний момент можна використовувати також Python та JavaScript. Мною використовувалась мова програмування C.

Перед початком написання коду потрібно знати базові правила:

- Після кожної інструкції необхідно ставити знак крапки з комою ";"
- Перед оголошенням функцій необхідно вказувати тип даних, які буде повертати ця функція або void, якщо функція не повертає значення
- Також необхідно вказувати тип даних перед оголошенням кожної змінної
- Коментарі позначаються наступним чином: "// коментар на один рядок" або "/\* блочний коментар, можна писати декілька рядків\*/"

Для того, щоб розуміти функціонал, який має в собі Arduino, а також для того, щоб вміти ним користуватись потрібно переглянути бібліотеки, які потребує ваш проект. Щоб ознайомитись з стандартними бібліотеками та їх функціоналом, потрібно відвідати офіційний сайт Arduino:

<https://www.arduino.cc/en/reference/libraries>. Але необов'язково завчати та запам'ятовувати всю цію інформацію. Можливість знайти в довіднику синтаксис тої чи іншої функції.

Створення прошивки для Arduino завжди починається з оголошення двох обов'язкових функцій: setup() та loop().

Функція setup() виконується в самому початку і тільки один раз одразу після ввімкнення пристрою. Зазвичай в цій функції декларують режими пінів, відкривають необхідні протоколи зв'язку, встановлюють додаткові зв'язки з модулями та налаштовують підключені бібліотеки. Навіть, якщо нічого

подібного робити необхідності немає, то функція `setup()` всеодно повинна бути оголошена.

Функція `loop ()` виконується після функції `setup ()`. Loop в перекладі з англійської означає «петля». Це говорить про те що функція зациклена, тобто буде виконуватися знову і знову. Наприклад мікроконтролер ATmega328, який встановлений в більшості плат Arduino, буде виконувати функцію `loop` близько 10 000 разів в секунду (якщо не використовуються затримки і складні обчислення). Завдяки цьому у нас є великі можливості.

Перед цими функціями оголошують бібліотеки, константи та деякі глобальні змінні. Далі оголошуються користувацькі функції.

Моя функція `setup()` має вигляд:

```
void setup() {  
    Adafruit_BME280 bme;  
    SoftwareSerial SIM800l(6, 5);  
    pinMode(2, INPUT);  
    digitalWrite(2,HIGH);  
    pinMode(3, OUTPUT);  
    digitalWrite(3,LOW);  
    power.setSystemPrescaler(PRESCALER_4);  
    Serial.begin(9600*4L);  
    SIM800l.begin(9600*4L);  
    sendATCommand("AT", true);  
    sendATCommand("AT+CLIP=1", true);  
    sendATCommand("AT+CMGF=1", true);  
    sendATCommand("AT+CSCLK=1", true);  
    power.setSleepMode(POWERDOWN_SLEEP);  
    Serial.println(Battery_stats());  
}
```

**Adafruit\_BME280 bme:** створення об'єкту bme (оголошення підключення датчика BME280 по I2C та присвоєння йому імені bme, яке буде використовуватись далі в програмі).

**SoftwareSerial SIM800l(6, 5):** створення об'єкту SIM800l (оголошення підключення GSM-модуля до цифрових пінів 6(RX) та 5(TX) на платі Arduino та присвоєння йому імені SIM800l).

**pinMode(2, INPUT):** налаштування режиму роботи піна під номером 2 в якості входу.

**digitalWrite(2,HIGH):** подача на другий пін високого рівня.

**pinMode(3, OUTPUT):** налаштування режиму роботи піна під номером 3 в якості входу.

**digitalWrite(3,LOW):** подача на третій пін низького рівня

**power.setSystemPrescaler(PRESCALER\_4):** дана команда потрібна для зміни системного переддільника тактової частоти. В даному випадку застосоване значення переддільника 4. Це означає, що тактова частота буде в чотири рази менша ніж стандартна:  $16\text{МГц}/4=4\text{МГц}$ .

**Serial.begin(9600\*4L):** дана функція означає ініціалізацію зв'язку мікроконтролера через серійний порт для зв'язку з комп'ютером із швидкістю 9600 біт на секунду, але враховуючи зменшення тактової частоти в 4 рази, потрібно збільшити швидкість в 4 рази.

**SIM800l.begin(9600\*4L):** така сама функція, як і попередня, тільки застосовується для зв'язку Arduino та SIM800l.

**sendATCommand("AT", true):** функція яка надсилає команду "AT" GSM-модулю. Дана команда потрібна для перевірки можливості відповідати GSM-модуль.

**sendATCommand("AT+CLIP=1", true):** функція яка надсилає команду "AT+CLIP=1" GSM-модулю. Дана команда потрібна для ввімкнення автовизначення номеру абонентів від яких надходять вхідні дзвінки або SMS-повідомлення.

**sendATCommand("AT+CMGF=1", true):** функція яка надсилає команду "AT+CMGF=1" GSM-модулю. Дана команда потрібна для ввімкнення текстового режиму. Також існує режим PDU. У текстовому режимі SMS-повідомлення представлені як читабельний текст. У режимі PDU всі SMS-повідомлення представлені у вигляді двійкових рядків, кодованих шістнадцятковими символами, такими як 31020B911326880736F40000A900. Хоча текстовий режим простіший у використанні, режим PDU є більш поширеним на різних модемах GSM. Основною відмінністю PDU режиму від текстового: різноманітність символів для відправки, в тому числі символи кирилиці.

**sendATCommand("AT+CSCLK=1", true):** функція яка надсилає команду "AT+CSCLK=1" GSM-модулю. Дана команда потрібна для того щоб дозволити керувати режимом сна модуля в залежності від логічного рівня піна DTR.

**power.setSleepMode(POWERDOWN\_SLEEP):** функція відповідає за встановлення певного енергозберігаючого режиму мікроконтролера Arduino. Даний режим(POWERDOWN\_SLEEP) самий економічний зі всіх наявних. В ньому відключається найбільше периферійних пристроїв, а сам мікроконтроллер прокидається тільки якщо на другий пін подається логічна одиниця.

**Serial.println(Battery\_stats());** виводить в серійний порт (на комп'ютер) дані, що повертаються функцією **Battery\_stats()**, яка буде описана нижче.

Розглянемо функцію **void loop()**:

```
void loop() {  
    if (SIM800l.available()) {  
        _response = waitResponse();  
        Serial.println(_response);  
        response_on_dial();  
    }  
}
```

Працює вона наступним чином: в основі лежить умовний оператор **"if"**, умова якого записана в дужках одразу після нього. Якщо умова справджується, то виконується тіло оператора, межі якого позначені фігурними дужками. Умовою даного оператора є функція **available()**, котра повертає **True**(істина) або одиницю, в разі надходження даних від модуля SIM8001 чи **False**(брехня, фальш) або нуль, в разі відсутності надходження даних. Якщо умова справджується, це означає, що дані поступили і далі буде виконуватись тіло оператора.

Перший рядок в тілі оператора - **\_response = waitResponse()**. Дана операція – операція присвоєння. Змінній **\_response** присвоюється значення, що повертається в результаті виконання функції **waitResponse()**, яка використовується для очікування та повернення отриманого результату (в нашому випадку від SIM8001). Ця функція буде детально описана далі.

Для відслідковування відповідей, що надсилаються модулем до мікроконтролера була додана функція виводу змінної **\_response**, в якій і зберігається відповідь модуля, на комп'ютер: **Serial.println(\_response)**. Ця функція застосовується виключно в цілях налагодження роботи пристрою, тому в готовому рішенні її можна не застосовувати, для підвищення швидкодії, а заодно й незначного підвищення економічності.

Третій рядок містить в собі тільки одну функцію **response\_on\_dial()**, яка нічого не повертає. Вона виконує зчитування номера мобільного телефону абонента який здійснює вихідний дзвінок на метеостанцію, відхиляє вхідний дзвінок, вимірювання параметрів атмосфери за допомогою датчиків, відправку абоненту SMS-повідомлення з даними датчиків, переводить датчики в економічний режим, а GSM-модуль та Arduino в режим сну. Ця функція також буде детальніше описана нижче.

Розглянемо, які користувацькі функції використані в прошивці, необхідні для роботи основних void setup() та void loop():

- String **sendATCommand**(String cmd, bool waiting)
- String **waitResponse**()
- String **Battery\_stats**()
- void **response\_on\_dial**()
- void **wakeUp**()
- void **EnterSleep**()

### 6.1 String **sendATCommand**(String cmd, bool waiting).

Функція при виклику повертає значення типу String(текстове), а також приймає два аргумента: cmd та waiting. Перший аргумент приймає саму AT-команду, яку потрібно відправити модулю. Другий аргумент приймає 2 значення: True(1) або False(0). В залежності від того, яким буде другий аргумент, функція зупиняє виконання програми до моменту отримання відповіді або ж навпаки не чекає відповідь й програма виконується далі.

Вона використовується для коректного відправлення команд GSM-модулю. Причина використання такої команди полягає в тому, що відповідь від модуля може приходити із затримкою, доприкладу вже після того, як були виконані наступні функції. Зазвичай, але помилково, для того, щоб дочекатись відповіді прописують команду delay(), яка "паралізує" мікроконтролер. В цей

час є ймовірність того, що відповідь може бути не отримана. Тому коректніше буде підхід, при якому мікроконтролер зупинить виконання програми до тих пір, поки не буде отримано відповідь на отриману команду. Розглянемо тіло цієї функції:

```
String sendATCommand(String cmd, bool waiting) {  
    String _resp = "";  
    Serial.println(cmd);  
    SIM800l.println(cmd);  
    if (waiting) {  
        _resp = waitResponse();  
        if (_resp.startsWith(cmd)) {  
            _resp = _resp.substring(_resp.indexOf("\r", cmd.length()) + 2);  
        }  
        Serial.println(_resp);  
    }  
    return _resp;  
}
```

- оголошується локальна змінна **\_resp** рядкового типу, тобто пустий рядок
- на комп'ютер через серійний порт дублюється введена команда
- відправляється команда модулю SIM800l
- якщо необхідно дочекатись відповіді (waiting = True)...
- ... очікуєм, поки буде повернута відповідь функцією **waitResponse()** та присвоюємо її змінній **\_resp**
- наступний умовний оператор **if** потрібен для того, щоб позбавитись від дубліката команди у відповіді, яка будла надіслана модулю, так як модуль, при отриманні команди, дублює її у відповідь
- дублюємо відповідь модуля в монітор порта, тобто на комп'ютер.



## 6.2 String **waitResponse()**.

Дана функція повертає рядок з відповіддю, отриманою від модуля SIM800L. Використовується для очікування відповіді від модуля заданий час також є коректним виходом із ситуації, коли потрібно дочекатись відповіді від модуля. Для кращого розуміння завдання, яке виконує функція, достатньо відправити декілька AT-команд, не використовуючи її. Відповіді на команди можуть прийти не в тому порядку, в якому були надіслані самі команди, що ускладнює розробку програми для модуля. Також формат відповідей деяких команд може бути схожий, що унеможливлює аналіз цих відповідей. Тому постає така потреба в очікуванні відповіді від модуля. Розглянемо тіло функції:

```
String waitResponse() {  
    String _resp = "";  
    long _timeout = millis() + 10000;  
    while (!SIM800L.available() && millis() < _timeout) {};  
    if (SIM800L.available()) {  
        _resp = SIM800L.readString();  
    }  
    else {  
        Serial.println("Timeout...");  
    }  
    return _resp;  
}
```

- оголошується локальна змінна **\_resp** рядкового типу, тобто пустий рядок, в якому буде зберігатись результат
- далі оголошується змінна **\_timeout**, яка буде відслідковувати таймаут, тобто період часу, за який повинна прийти відповідь від модуля, в якій вказано час очікування 10000 мілісекунд, тобто 10 секунд

- порожній цикл **while** виконується до тих пір, поки не прийде відповідь від SIM800l або не наступить таймаут (10 секунд)
- умовний оператор **if** перевіряє чи прийшла відповідь від модуля
- в тілі цього оператора відбувається зчитування відповіді та запис її в змінну **\_resp**
- якщо ж зчитувати нічого, тобто якщо наступив таймаут, то на компютер виводиться текстове повідомлення про це.

### 6.3 String **Battery\_stats()**.

Дана функція повертає рядок, в якому містяться дані про статус акумулятора, тобто чи відбувається заряджання чи ні, процент від ємності та напруга на акумуляторі. Дана функція використовується для отримання інформації про стан акумулятора. Таку інформацію можливо отримати відправивши спеціальну AT-команду модулю SIM800l. Розглянемо тіло функції:

```
String Battery_stats() {
    String Status="";
    String batteryStats = sendATCommand("AT+CBC",true);
    int statsIndex = batteryStats.lastIndexOf(":");
    if (statsIndex != -1) {
        Status = batteryStats.substring((statsIndex + 2), (statsIndex + 12)) + "
        Status, %, mV";
    }
    return Status;
}
```

- оголошення локальної змінної **Status** рядкового типу, в яку буде записуватись інформація про стан акумулятора

- відправка AT-команди модулю, яка дозволяє отримати інформацію про акумулятор, запис відповіді модуля в локальну змінну **batteryStats** для подальшої обробки
- знаходимо порядковий номер(індекс) символу двох крапок ":" в змінній **batteryStats** та присвоюємо його значення локальній змінній числового типу **statsIndex**
- умовний оператор **if** перевіряє значення змінної **statsIndex**. Якщо воно дорівнює -1, то це означає, що відповідь прийшла некоректна та є збої у роботі приладу і тіло не буде виконуватись, у всіх інших випадках змінній **Status** буде присвоєний рядок з параметрами акумулятора.

#### 6.4 void **response\_on\_dial()**.

Дана функція нічого не повертає і використовується тільки для виконання певних дій, а саме:

1. зчитує номера мобільного телефону абонента, який здійснює вихідний дзвінок на метеостанцію
2. відхиляє вхідний дзвінок
3. вимірює параметрів атмосфери за допомогою датчиків
4. відправляє абоненту SMS-повідомлення з даними датчиків
5. викликає функцію **EnterSleep()**;

Розглянемо з чого складається тіло функції:

```
void response_on_dial()
{
    if (_response.startsWith("RING", 2)) {
        int index_number = _response.lastIndexOf("+38");
        if (index_number != -1) {
            number = _response.substring(index_number, (index_number + 13));
            sendATCommand("ATH", true);
        }
    }
}
```

```

    bme.setSampling(Adafruit_BME280::MODE_NORMAL,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X4,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X4,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X4,
        Adafruit_BME280::FILTER_X4);

    String battery = Battery_stats();
    sendATCommand("AT+CMGS=\"" + number + "\"\r", true);
    SIM800l.print("Temperature = ");
    SIM800l.print(bme.readTemperature());
    SIM800l.println(" *C");
    SIM800l.print("Pressure = ");
    float P = bme.readPressure();
    SIM800l.print(P*0.00750061683,2);
    SIM800l.println(" mmHg");
    SIM800l.print("Humidity = ");
    SIM800l.print(bme.readHumidity());
    SIM800l.println(" %");
    SIM800l.println(battery);
    SIM800l.println((char)26);
    bme.setSampling(Adafruit_BME280::MODE_SLEEP,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X1,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X1,
        Adafruit_BME280::SAMPLING_X1,
        Adafruit_BME280::FILTER_OFF);
    EnterSleep();
}
}
}

```

- умовний оператор **if** перевіряє чи починається відповідь модуля на **"RING"**, так як при вхідному виклику, модуль автоматично відправляє повідомлення яке виглядає наступним чином:


RING  
+CLIP: "+[REDACTED]"

Це забезпечує ідентифікацію вхідного дзвінка

- далі метод **string.lastIndexOf(substring)** визначає індекс останнього входження рядку **substring** в рядку **string**, в нашому випадку це знаходження індексу першого входження рядку "+380" в рядок відповіді модуля, та відбувається присвоєння цього індекса локальній змінній числового типу **index\_number**. Це необхідно для подальшого витягу мобільного номера абонента та роботи з ним
- слідуючий оператор **if** перевіряє наявність такого індексу, якщо ж номер не було виявлено, індекс прийме значення -1, що свідчить про некоректну роботу модуля
- перший рядок в тілі цього умовного оператора витягує номер мобільного телефону завдяки відомому індексу початку номера та відомій довжині номера та присвоює його глобальній змінній **number**. На даному етапі програми вже відомий номер абонента, який здійснює вихідний дзвінок на наш пристрій
- далі модулю подається команда "ATH", яка виконує скидування вхідного виклику
- слідуюча конструкція виконує налаштування датчика BME280, а саме: переводить датчик в режим безперервного вимірювання, встановлення значення передискретизації для аналогово-цифрового перетворювача температури, тиску та вологості (окремо для кожного), та множник фільтрації значень. Останій потрібен для точнішого вимірювання, так як миттєві значення параметрів можуть відрізнятись по величині(доприкладу подув вітер), він ефективно зменшує пропускну здатність вихідних сигналів температури та тиску та збільшує роздільну здатність даних виходу тиску та температури
- далі результат виконання функції **Battery\_stats()** присвоюється локальній змінній **battery**

- слідує рядок виконує відправку AT-команди "AT+CMGS\"" + **number** + "\"\r" модулю SIM800l. Ця команда ініціалізує відправку тексту на заданий номер, в нашому випадку цей номер знаходиться в змінній **number**. Слід зауважити, що обов'язковою умовою перед введенням тексту SMS-повідомлення являється отримання відповіді від модуля, так званого "запрошення" для написання тексту, яке виглядає наступним чином:

```
AT+CMGS="+[redacted]"
>
test message
```



- наступних 10 рядків виконують "набір тексту повідомлення", який містить в собі значення параметрів, зчитаних з датчика BME280 та текстове оформлення для зручності сприйняття інформації
- 11-ий рядок "вписує" інформацію про акумулятор, яка збережена в змінній **battery**
- 12-ий рядок є останнім та обов'язковим, адже документація модуля SIM800l потребує після закінчення вводу основного тексту, повідомити про закінчення SMS-повідомлення – передати символ закінчення файлу, який має код 26 в таблиці кодування ASCII. Символ можна отримати за допомогою слідує конструкції: **(char)26**
- після цього датчик BME280 переводиться в режим сну, в якому енергоспоживання мінімальне, так як вимірювання не відбуваються
- останній рядок викликає функцію **EnterSleep()**, яка вводить весь пристрій в так званий "режим сну"

## 6.5 void **wakeUp()**.

Дана функція виконує виведення SIM800l з "режиму сна" та нічого не повертає.

Тіло функції:

```
void wakeUp()
{
    detachInterrupt(0);
    digitalWrite(3,LOW);
}
```

- вимикаються переривання пінах Arduino
- встановлюється низький рівень на третьому піні Arduino, що дозволяє вивести GSM-модуль з "режиму сна"

## 6.6 void **EnterSleep()**.

Дана функція запезпечує "режим сна" для всього пристрою. Розглянемо тіло функції:

```
void EnterSleep()
{
    digitalWrite(3,HIGH);
    attachInterrupt(0, wakeUp, LOW);
    power.sleep(SLEEP_FOREVER);
}
```

- спочатку вимикається SIM800l, подачею високого рівня на третій пін Arduino та відповідно на пін DTR SIM800l, який керує робочими режимами модуля. В такому стані модуль може приймати вхідні дзвінки та SMS-повідомлення

- наступний рядок відповідає за переривання на нульовому піні, який керує робочими режимами Arduino. Якщо на цьому піні з'являється низький рівень, тобто 0, то викликається функція **wakeUp()**
- далі застосовується вибраний енергозберігаючий режим для Arduino. Весь пристрій знаходиться в такому стані до тих пір, поки на модуль не поступить дзвінок чи SMS-повідомлення.

В самому початку програми потрібно задекларувати бібліотеки, функції та константи котрих використовуються в програмі, константи та змінні:

```
#include <GyverPower.h>

#define millis() (millis() << (CLKPR & 0xF))
#define micros() (micros() << (CLKPR & 0xF))
#define delay(x) delay((x) >> (CLKPR & 0xF))
#define delayMicroseconds(x) delayMicroseconds((x) >> (CLKPR & 0xF))

#include <powerConstants.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <Wire.h>

String _response = "";
String number = "";
```

Перших шість рядків декларують бібліотеки та константи. Це забезпечує можливість зменшення тактової частоти мікроконтролера, а також коректність "розуміння" мікроконтролером часових значень та корекцію внутрішнього таймера **millis()**, робота котрого перестає бути коректною після зміни тактової частоти.

Бібліотека **SoftwareSerial** дозволяє реалізувати послідовний інтерфейс на будь-яких цифрових виводах Arduino за допомогою програмних засобів, які дублюють функціональність UART (звідси і назва "SoftwareSerial"). Бібліотека дозволяє програмно створювати кілька послідовних портів, які працюють на



швидкості до 115200 біт/с. Для пристроїв, що працюють з інвертованим сигналом, в бібліотеці передбачено відповідний параметр, що включає інвертування.

Бібліотека `Adafruit_BME280.h` містить в собі набір необхідних функцій та констант для роботи із датчиком.

Бібліотека `Wire.h` використовується для зв'язку мікроконтролера з пристроями по інтерфейсу I2C.

Щоб редагувати чи налагоджувати програмний код, всі вищеописані бібліотеки повинні бути встановлені в програмну середу розробки Arduino IDE. Встановлення відбувається прямо в Arduino IDE.

Висновок. В даному розділі було детально описано як програмувати мікроконтролер, логіка усіх написаних власноруч функцій, ПО, необхідне для здійснення прошивки. Детально описані AT-команди, якими керується SIM800l. Слід також зазначити, що код даної прошивки буде працювати тільки в такій комплектації, яка описана в даній роботі. Якщо в пристрій будуть приєднані інші датчики, то код потрібно буде доповнити відповідними записами, які будуть відповідати за зв'язок з тими чи іншими датчиками.

## 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

Для того, щоб перевірити автономність даного пристрою в умовах, наближених до умов недостатньої освітленості, сонячна панель була від'єднана. Протягом доби на повністю заряджений пристрій було здійснено 10 дзвінків. Акумулятор при цьому втратив 10% свого заряду. Важливо зазначити, що даний експеримент відбувався за температури більше нуля градусів по Цельсію, адже при нижчій температурі акумулятор втрачає свій заряд. До прикладу, при температурі  $-15^{\circ}\text{C}$  літій-іонний акумулятор втрачає приблизно 30% свого заряду, в порівнянні з кімнатною температурою. Це означає, що акумулятора на  $3200\text{mA}\cdot\text{г}$  вистачає на 7 діб. Тому важливим фактором при проектуванні зразку пристрою, який піде у продаж, являється правильний розрахунок необхідної ємності акумуляторної батареї.

Щоб розрахувати необхідну ємність акумуляторної батареї, її потрібно розраховувати для самих гірших погодних умов. Такими являються низька температура та довготривала хмарність, яка унеможлиблює дозаряд акумуляторної батареї. Згідно з джерелом[8], найдовший період хмарності становить приблизно 240 годин (Нижній Новгород). Це майже 10 днів. Тому можна зробити висновок, що одного акумулятора не вистачить, потрібно мінімум 2.

Тепер розрахуємо чи вистачить сонячної панелі на 6Вт забезпечувати метеостанцію електроенергією цілий рік.

# PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL UKRAINE

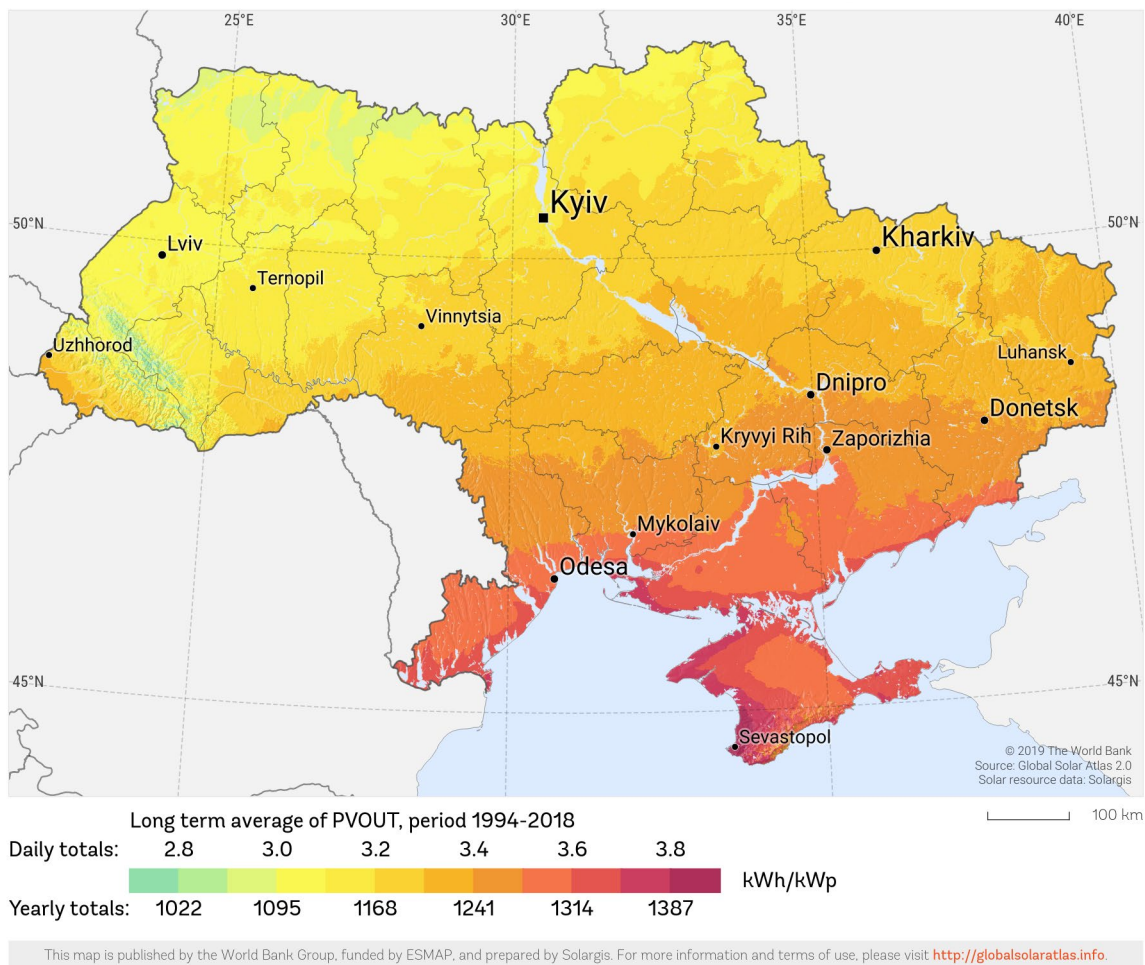


Рисунок 7.1 - Середній річний показник виробленої електроенергії станцією, максимальна потужність якої 1кВт

Так як в метеостанції сонячна панель 5Вт, а це в приблизно в 200 раз менше ніж 1кВ, поділимо мінімальне річне значення кВт\*г/кВт (1000) на 200. Отримаємо 5кВт\*г в рік. Оскільки сонячна батарея має номіальну напругу 12В, переведемо ват-години в ампер-години –  $5000\text{Вт}\cdot\text{г} / 12\text{В} = 415\text{А}\cdot\text{г}$ . Споживання метеостанції –  $3200\text{мА}\cdot\text{г} / 7\text{діб} = 460\text{мА}\cdot\text{г}$  на добу. В рік –  $0.46\text{А}\cdot\text{г} * 365\text{діб} = 167\text{А}\cdot\text{г}$  в рік. Бачимо, що сонячна панель має запас потужності приблизно в 2.6 рази. Але на практиці цей запас є необхідною умовою для автономності, адже чим швидше заряджається акумулятор тим більша ймовірність того, що при тривалій хмарності пристрій не вимкнеться.

Отже для того, щоб забезпечити необхідну автономність пристрою, потрібно збільшити вдвоє ємність акумуляторної батареї. Також значну кількість електроенергії споживають чотири діоди, два з яких світяться постійно, інших двоє – при наявності сонячного світла. Для підвищення автономності їх необхідно демонтувати, що не є складною процедурою.

Слід зазначити, що дані розрахунки велись за умови 10 вхідних дзвінків в день. При активній роботі GSM-модуля, споживання всього пристрою може сягати до 2А! Тому кількість запитів на метеостанцію також являється фактором впливу на автономність.

В якості модернізації можуть висутпати різні датчики, які можуть бути легко вмонтовані в конструкцію метеостанції. Це можуть бути датчики освітленості, УФ-випромінювання, вологості ґрунту, кількості опадів та ін.

Висновок. В даному розділі були розглянуті засоби вдосконалення конструкції метеостанції, а саме ті заходи, які збільшують її автономність. Також були розглянуті варіанти розширення функціоналу. Але останні будуть варіюватись від потреб замовника. Також можна зазначити, що реальна ціна виробу буде більша, адже потрібно ще один акумулятор 18650. Оскільки збірка пристрою буде відбуватись вручну, також необхідно врахувати і цей аспект. В даній роботі не розглядалась конструкція корпусу. Тому до кінцевої собівартості потрібно додати близько 20\$, що в сумі становить приблизно 60\$. Така вартість передбачає збірку одиничного пристрою вручну та закупку всіх компонентів по роздрібним цінам.

## 8. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 8.1 Опис ідеї стартап проекту

Таблиця 8.1.1 - Опис ідеї стартап проекту

| Зміст ідеї                                   | Напрямки застосування   | Вигоди для користувача  |
|--|---|---|
| Автономна метеостанція з GSM-модулем зв'язку | 1. Науковий, для контролю температури, тиску та вологості повітря | Є можливість планування експериментів, отримання інформації про стан параметрів повітря, та можливість картувати показники датчиків для подальшої обробки |
|  | 2. Промисловий, для контролю параметрів ґрунту і повітря          | Є можливість контролювати параметри ґрунту та повітря, які необхідні в агропромисловості  |
|  | 3. Користувацький, для контролю параметрів повітря та ґрунту      | Є можливість контролю параметрів різних середовищ, для підтримки оптимальних значень  |

Таблиця 8.1.2 - Опис ідеї стартап проекту

| №<br>п<br>/<br>п | Техніко-<br>економічні<br>характерист<br>ики ідеї | (потенційні) товари/концепії<br>конкурентів |   | W<br>(сла<br>бка<br>стор<br>она) | N<br>(нейтр<br>а льна<br>сторо<br>на) | S<br>(сил<br>ьна<br>стор<br>она) |
|------------------|---|---|---|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
|                  |   | Мій<br>проект                               | METEOTREK   |                                  |                                       |                                  |
| 1                | Розміри та<br>мобільність                         | Малі,<br>велика                             | Середні, велика   |                                  | +                                     |                                  |
| 2                | Складність<br>налаштуван<br>ня                    | відсутня                                    | низька  |                                  |                                       | +                                |
| 3                | Ціна  | <50\$                                       | 1900\$  |                                  |                                       | +                                |
| 4                | Мультивимі<br>рювання                             | присутні                                    | присутні  |                                  | +                                     |                                  |
| 5                | Прогнозуван<br>ня                                 | відсутнє                                    | присутнє  | +                                |                                       |                                  |
| 6                | датчики   | Температ<br>ура, тиск,<br>вологість         | Температури і відносної<br>вологості повітря;<br>Атмосферного тиску;<br>Температури і вологості<br>грунту;<br>Швидкості і напрямку<br>вітру;<br>Кількості опадів;<br>Вологості листа;<br>Інтенсивності сонячного<br>випромінювання. | +                                |                                       |                                  |

|   |                                 |                    |          |  |  |   |
|---|---------------------------------|--------------------|----------|--|--|---|
| 7 | Можливість змінити комплектацію | За додаткові кошти | відсутня |  |  | + |
|---|---------------------------------|--------------------|----------|--|--|---|

## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 8.2.1 - Технологічна здійсненність ідеї

| № п/п | Ідея проекту | Технології реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|-------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
|       |              | Електричні компоненти | Наявні               | Доступні               |
|       |              | Датчик температури    | Наявні               | Доступні               |
|       |              | Датчик вологості      | Наявні               | Доступні               |
|       |              | Одноплатний комп'ютер | Наявні               | Доступні               |

## 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 8.3.1 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| №, п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|--------|--------------------------------------|----------------|
| 1      | Кількість головних гравців, од       | <2             |

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од                        | Відсутня інформація |
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка)                           | Відсутня інформація |
| 3 | Наявність обмежень для входу( вказати характер обмежень) | Відсутні            |
| 4 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації      | Відсутні            |
| 5 | Середня норма рентабельності в галузі( або по ринку), %  | ~10%                |

Таблиця 8.3.2 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| №, п/п | Потреба що формує ринок                               | Цільова аудиторія(цілові сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів  | Вимоги споживачів до товару                        |
|--------|---|--|--|--|
| 1      | Автоматизація процесів контролю параметрів середовища | Аграрії, підприємці, домогосподарства    | Поведінку клієнта формують: мала ціна, швидкість доставки, зручність у користуванні, мобільність приладу, мультизадачність | Якість роботи кінцевого продукту, його низька ціна |

|   |                               |                    |  |  |
|---|-------------------------------|--------------------|--|--|
| 2 | Контроль параметрів приміщень | Звичайні громадяни | Поведінку клієнта формують: надійність, мала ціна, швидкість | Якість роботи кінцевого продукту, швидкість доставки |
|---|-------------------------------|--------------------|--|--|



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | доставки,<br>зручність у<br>користуванні,<br>мобільність<br>приладу,<br>мультизадачність |  |
|--|--|--|--|--|

Таблиця 8.3.3 - Фактори загроз

| №,<br>п/п | Фактор                       | Зміст загрози                                      | Можлива реакція компанії   |
|-----------|------------------------------|--|--|
| 1         | Потрібні кваліфіковані кадри | Потреба в людях з певними освітніми навиками       | Рекрутинг робочого персоналу в науководослідних інститутах   |
| 2         | Ресурсна проблема            | Проблема у виготовленні кінцевого продукту         | Укладання договорів з державними структурами для фінансування та надання можливостей для пошуку нових постачальників |
| 3         | Глобальна економічна криза   | Проблеми з капіталізацією, зниження рівня продажів | Підвищення ціни на продукт.<br>Розробка більш дешевого пристрою, пошук нових ринків збуту                            |

|   |                               |   |  |
|---|-------------------------------|---|--|
| 4 | Відсутність вільного капіталу | Проблеми з новими розробками та розрахунками                  | Отримання банківських кредитів, продаж акцій, пошук нових інвесторів, ІСО            |
| 5 | Проблеми постачання           | Проблеми з виготовленням нових пристроїв та підтримкою старих | Пошук нових постачальників комплектуючих, розробки нових систем із інших компонентів |

Таблиця 8.3.4 - Фактори можливостей

| №, | Фактор      | Зміст можливості   | Можлива реакція компанії  |
|----|-------------|--|---|
| 1  | Конкуренція | Винайдення та розробка нового товару з більш кращими властивостями, зниження цін                                 | Удосконалення власного товару шляхом підвищення якості роботи та зниження ціни кінцевого продукту |
| 2  | Попит       | На ринку має місце велика зацікавленість в таких інноваційних приладах з боку звичайних користувачів та аграріїв | Підвищення жорсткої рекламної діяльності, просування товару в мережі інтернет та офлайн           |

|   |                 |                          |  |
|---|-----------------|--------------------------|--|
| 3 | Зростання ринку | Зростання об'ємів продаж | Накопичення капіталу компанії для подальшого розвитку продукту та розширення штату |
|---|-----------------|--------------------------|--|

Таблиця 8.3.5 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища          | В чому проявляється дана характеристика  | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)  |
|---|--|---|
| 1. Вказати тип конкуренції - олігополія       | На ринку присутня не велика кількість компаній, які займаються розробкою автономних систем контролю параметрів атмосфери(грунту) | Наймати більш кваліфікованих кадрів для виготовлення більш якісного продукту, використання передових технологій та зниження ціни продукції.               |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби - світовий | Місце знаходження компаній не обмежується територіально; офіси фірм розміщуються у різних містах та країнах                      | Створення офісів підтримки клієнтів в різних країнах, налагоджування розповсюдження продукції компанії у різні країни, адаптація реклами під різні країни |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 3. За галузевою ознакою<br>- внутрішньогалузева     | Економічна конкуренція між різними товаровиробниками систем які працюють в одній галузі виробництва, создають та продають однакові пристрої, що звільнятимуть одну й ту ж саму потребу споживачів, однак мають деякі відмінності у затратах на виробництво, якості роботи та ціні продукту. | Дослідження пристроїв конкурентів та швидка реакція на покращення якості, або зниження ціни на товари конкурентних компаній  |
| 4. Конкуренція за видами товарів:<br>-товаро-видова | Конкуренція між компаніями, які виробляють продукт одного виду  | Знижувати ціну товару, покращувати якість роботи, створювати програми лояльності для нових клієнтів  |
| 5. За характером конкурентних переваг<br>-нецінова  | Потреба в виграванні на ринку серед конкурентів за рахунок якості, кількості та функціоналу кінцевого продукту  | Покращення якості роботи кінцевого продукту, здешевлення ціни виробництва та, звідси, здешевлення ціни кінцевого продукту, збільшення кількості товару на ринку, розширення функціоналу, |
| 6. За інтенсивністю<br>-марочна                     | На ринку присутні компанії, котрі відомі за гучний бренд  | Робити свій бренд більш відомим серед споживачів та у всьому світі в цілому.   |

Таблиця 8.3.6 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі   | Потенційні конкуренти | Постачальники  | Клієнти   | Товари-замінники   |
|------------------|---|-----------------------|--|---|--|
|                  | МЕТЕОТРЕК   | -                     | Кількість та якість постачальників в   | Низька ціна, надійність, швидка доставка, зручність, здатність до прогнозування і адаптації, зручність користування, мобільність, широкий спектр застосування | Замінники існують, проте вони не мають змогу функціонувати автономно |
| Висновки:        | Інтенсивність висока, так як товар є складним у виготовленні та підтримки | -                     | Постачальники мають великий вплив так як конкуренція має національні властивості, а також велике значення має швидкість між виготовленням та |   |  |

|  |  |  |          |  |  |
|--|--|--|----------|--|--|
|  |  |  | клієнтом |  |  |
|--|--|--|----------|--|--|

Таблиця 8.3.7 - Обґрунтування факторів конкурентноспроможності

| №, п/п | Фактор конкурентноспроможності   | Обґрунтування (наведення чинників що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|--------|----------------------------------|--|
| 1      | Ціна                             | Ціна нижча ніж у конкурентів   |
| 2      | Масовість виробництва та терміни | Зниження за часом ціни кінцевого продукту та вчасні поставки продукції                             |
| 3      | Достатня якість продукції        | Більше гнучкі можливості а ніж у конкурентів   |

| №, п/п | Фактор конкурентноспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з розробкою |    |    |   |    |    |    |
|--------|--------------------------------|-----------|--|----|----|---|----|----|----|
|        |                                |           | -3   | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1      | Ціна                           | 5         | +  |    |    |   |    |    |    |

|   |                                  |    |   |   |  |  |   |  |   |
|---|----------------------------------|----|---|---|--|--|---|--|---|
| 2 | Терміни та масовість виробництва | 15 |   |   |  |  | + |  |   |
| 3 | Інтелектуальність                | 20 |   |   |  |  |   |  | + |
| 4 | Мобільність                      | 10 |   | + |  |  |   |  |   |
| 5 | Мультипараметричність            | 20 | + |   |  |  |   |  |   |

Таблиця 8.3.8 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін автономної метеостанції

Таблиця 8.3.9 - SWOT - аналіз стартап-проекту

|   |   |
|---|---|
| Сильні сторони: Гнучкість використання, автономність, мобільність, дешевизна виготовлення, надійність, простота у використанні, вартість кінцевого продукту | Слабкі сторони: масовість виробництва у порівнянні з конкурентами, незнайомий бренд, відсутність інтелектуальної обробки  |
| Можливості: розвивати інтелектуальну частину проекту, підвищувати якість продукту, робити бренду ім'я на ринку  | Загрози: поява нових конкурентів; нестача кваліфікованих кадрів на ринку праці, можливе зниження попиту, економічна криза |

Таблиця 8.3.10 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

| №<br>п/п | Альтернатива<br>(орієнтовний комплекс<br>заходів) ринкової<br>поведінки | Ймовірність отримання<br>ресурсів | Строки реалізації |
|----------|---|-----------------------------------|-------------------|
| 1        | Розробка більшого<br>функціоналу та<br>інтелектуальної<br>частини       | 75%                               | 2 місяців         |
| 2        | Розробка інших частин<br>інтелектуальної<br>системи моніторингу         | 40%                               | 1 місяць          |

## 8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап проекту

Таблиця 8.4.1 - Вибір цільових груп потенційних  
споживачів

| №<br>п/п | Опис<br>профілю<br>цільової<br>групи<br>потенційних<br>клієнтів | Готовність<br>споживачів<br>сприйняти<br>продукт | Орієнтовний<br>попит в<br>межах<br>цільової<br>групи<br>(сегменту) | Інтенсивність<br>конкуренції в<br>сегменті | Простота<br>входу у<br>сегмент |
|----------|---|--|--|--|--------------------------------|
| 1        | Агрофірми   | готові   | Високий  | Низька                                     | Висока                         |
| 2        | Домогоспода<br>рства  | готові   | Низький  | Низька                                     | Низька                         |
| 3        | Невеликі  | готові   | Високий  | Висока                                     | Висока                         |



|  |                  |        |         |        |        |
|--|------------------|--------|---------|--------|--------|
|  | підприємства     |        |         |        |        |
| 4  | Одиничні клієнти | готові | низький | Висока | низька |
| Які цільові групи обрано: Агрофірми, домогосподарства, невеликі підприємства, одиничні клієнти |                  |        |         |        |        |

Таблиця 8.4.2 - Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту  | Стратегія охоплення ринку  | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку*      |
|-------|---|--|--|---------------------------------|
| 1     | Розробка більшого функціоналу та інтелектуальної системи моніторингу параметрів | Розширення ринку за рахунок вирішення більшого спектру задач та потреб кінцевих користувачів | Вирішується більше проблем та кінцевих користувачів                    | Стратегія лідерства на витратах |
| 2     | Розробка інших частин інтелектуальної системи моніторингу параметрів            | Розширення ринку за рахунок вирішення більшого спектру задач та потреб кінцевих              | Вирішується більше проблем та кінцевих користувачів                    | Стратегія лідерства на витратах |

|  |  |              |  |  |
|--|--|--------------|--|--|
|  |  | користувачів |  |  |
|--|--|--------------|--|--|

Таблиця 8.4.3 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Чи є проект<br/>«першопрохідцем<br/>» на ринку?</i> | <i>Чи буде компанія<br/>шукати нових<br/>споживачів, або<br/>забирати<br/>існуючих у<br/>конкурентів?</i> | <i>Чи буде компанія<br/>копіювати основні<br/>характеристики<br/>товару конкурента,<br/>і<br/>які?</i> | <i>Стратегія<br/>конкурентної<br/>поведінки*</i> |
|------------------|--|---|--|--|
| 1                | Ні   | Обидва варіанти   | Так всі  | Заняття<br>конкурентної<br>ніші                  |

Таблиця 8.4.4 - Визначення стратегії позиціонування

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Вимоги до<br/>товару<br/>цільової<br/>аудиторії</i> | <i>Базова<br/>стратегія<br/>розвитку</i> | <i>Ключові<br/>конкурентоспроможні<br/>позиції<br/>власного<br/>стартап-<br/>проекту</i> | <i>Вибір асоціацій, які<br/>мають сформувати<br/>комплексну позицію<br/>власного проекту (три<br/>ключових)</i> |
|------------------|--|--|--|---|
| 1                | Ціна   | Лідерства<br>на<br>витратах              | Низька ціна  | Оптимальне<br>співвідношення<br>ціна/якість, покращення<br>існуючих характеристик.                              |
| 2                | Якість   | Лідерства<br>на витратах                 | Висока якість  |   |

|   |                  |                       |                         |  |
|---|------------------|-----------------------|-------------------------|--|
|   |                  |                       |                         |  |
| 3 | функціональність | Лідерства на витратах | Висока функціональність |  |
| 4 | Точність         | Лідерства на витратах | Висока точність         |  |

## 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 8.5.1. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба                | Вигода, яку пропонує товар                                 | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|-------|------------------------|--|--|
| 1     | Низька ціна            | Найнижча ціна на ринку                                     | Найнижча ціна на ринку   |
| 2     | Функціональність       | Є можливість розширення комплектації                       | Висока функціональність  |
| 3     | Гнучкість використання | Можливість пристосуватися до кліматичних умов користувачів | Можливість пристосуватися до кліматичних умов користувачів                   |

Таблиця 8.5.2 - Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару  | Сутність та складові                                |      |                |
|---|---|------|----------------|
| I. Товар за задумом   | Автономна метеостанція з GSM-модулем зв'язку        |      |                |
| II. Товар у реальному виконанні   | Властивості/характеристики                          | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
|   | 1. автономність                                     | М    | ВР             |
|   | 2. Точність вимірювання                             | М    | Тх             |
|   | 3. Споживана потужність                             | М    | Тл             |
|   | Якість: відповідає вимогам стандартів               |      |                |
|   | Пакування: пристрій, інструкція, кабель для зарядки |      |                |
|   | Марка: “MeteoControl”                               |      |                |
| III. Товар із підкріпленням   | До продажу: договір, гарантія.                      |      |                |
|   | Після продажу: доставка, підтримка.                 |      |                |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентні права. |   |      |                |

Таблиця 8.5.3 - Визначення меж встановлення ціни

| №<br>п/<br>п | Рівень цін<br>на товари-<br>замінники | Рівень цін<br>на товари-<br>аналоги | Рівень доходів<br>цільової групи<br>споживачів | Верхня та нижня межі<br>встановлення ціни на<br>товар/послугу |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 1            | -                                     | 1000-2000\$                         | 500+\$   | 100 - 500 \$  |

Таблиця 8.5.4 - Формування системи збуту

| №<br>п/п | Специфіка<br>закупівельної<br>поведінки цільових<br>клієнтів | Функції збуту, які<br>має виконувати<br>постачальник товару | Глибина<br>каналу збуту | Оптимальна<br>система<br>збуту |
|----------|--|---|-------------------------|--------------------------------|
|----------|--|---|-------------------------|--------------------------------|

|   |   |   |                     |                    |
|---|---|---|---------------------|--------------------|
| 1 | Найкраща якість та більша кількість функцій за нижчу ціну | Налагодження контакту з клієнтами, надання достовірної інформації про характеристики, настройка за потреби. | Канал першого рівня | Через посередників |
|---|---|---|---------------------|--------------------|

Таблиця 8.5.5 - Концепція маркетингових комунікацій

| №<br>п/п | Специфіка<br>поведінки<br>цільових<br>клієнтів          | Канали<br>комунікацій,<br>якими користуються<br>цільові<br>клієнти  | Ключові<br>позиції,<br>обрані для<br>позиціону<br>вання   | Завдання<br>рекламного<br>повідомлення                                       | Концепція<br>рекламного<br>звернення                           |
|----------|---|---|---|--|--|
|          | Вибір<br>найкращого<br>продукту<br>цільових<br>клієнтів | Прямі - канал<br>комунікації, коли<br>інформація<br>передається<br>безпосередньо від<br>інформатора до<br>інформованої<br>особи якими<br>користуються<br>цільові<br>клієнти | Якість,<br>низька<br>кількість<br>браку,<br>низька<br>ціна.<br>обрані для<br>позиціону<br>вання | Надання<br>повної<br>інформації<br>про<br>переваги<br>виробу<br>повідомлення | Хороші<br>характеристики<br>за<br>низької<br>ціни<br>звернення |
|          | Вибір<br>найкращого<br>продукту                         | Прямі - канал<br>комунікації, коли<br>інформація<br>передається<br>безпосередньо від<br>інформатора до особи  | Якість,<br>низька<br>кількість<br>браку,<br>низька<br>ціна.                                     | Надання<br>повної<br>інформації<br>про<br>переваги<br>виробу                 | Хороші<br>характеристики<br>за<br>низької<br>ціни              |

## ВИСНОВКИ

В даній роботі було детально розглянуто призначення метеостанцій, їх класифікація, описані датчики, якими можуть обладнуватись та галузі застосування розробки. Також були детально описані технічні характеристики розробки. Вказані можливі варіанти збільшення функціоналу. В результаті аналізу конкурентів того чи іншого компонента, був обґрунтований вибір складових конструкції. Чітко пояснюється метод забезпечення автономності. Детально описаний метод підключення, завдяки ньому є можливість подвоїти автономність, що в сумі з правильним програмуванням мікроконтролера та GSM-модуля підвищить як частоту вимірювання, так й надійність даної системи, особливо це буде помітно при довготривалому погіршенню погодних умов (велика хмарність) та взимку при значних снігопадах. Повністю описаний процес розробки програмного коду, призначення кожної функції та інших тонкощів, з якими можна зіткнутись. Використовуючи дану роботу можна з легкістю виробляти такий пристрій, збільшувати його функціонал та застосовувати інші методи вдосконалення.

## ПОСИЛАННЯ

1. <https://hronika.info/obwestvo/249920-kak-sostavlyayutsya-prognozy-pogody>. Как составляются прогнозы погоды. Хроника мировых событий.
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Метеорологічна\\_станція](https://uk.wikipedia.org/wiki/Метеорологічна_станція)
3. <https://arduino.cc>
4. <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>
5. <https://www.mts.ua/ru/internet/for-laptop/gprs-internet/contract/coverage>
6. <https://kyivstar.ua/uk/support/references/zona-pokryttya-terytoriyi-ukrayiny>
7. <https://www.simcom.com/product/SIM800.html>
8. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ НИЖНЕГО ЯРУСА НА АЭРОДРОМАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ БЫВШЕГО СССР ПО ДАННЫМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ  
Н.П. Шакина, Е. Н. Скриптунова, А.Р. Иванова, Е.И. Ветрова  
[http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr348/shak\\_f.pdf](http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr348/shak_f.pdf)